

PAT-NO: JP02000105912A
DOCUMENT- JP 2000105912 A
IDENTIFIER:
TITLE: MAGNETIC TUNNEL JOINING SENSOR AND DISK DRIVING
SYSTEM
PUBN-DATE: April 11, 2000

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HARDAYAL, SIN GILL	N/A
DOUGLAS, JOHNSON WARNER	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
INTERNATL BUSINESS MACH CORP	N/A

APPL-NO: JP11248570
APPL-DATE: September 2, 1999

INT-CL (IPC): G11B005/39 , G11B005/02

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetic tunnel joining (MTJ) device having an antiferromagnetic (AFM) layer and used as a magnetic sensor in a magnetic disk drive or a memory cell in a magnetic random access array.

SOLUTION: Magnetic tunnel joining in a sensor 400 includes the stacked formation layer of MTJ sensor stripes 403 formed on a first shield 460. This layer is composed of an AFM layer 430, a pin retaining ferromagnetic layer 420 exchange-biased with the AFM layer so as to prevent the rotation of magnetic moment under an applied magnetic field, a free ferromagnetic layer 410 having magnetic moment rotatable under the applied magnetic field, and an insulating tunnel barrier layer 415 disposed between the pin retaining layer and the free layer. The MTJ sensor stripe is formed by a parallel side edge part, and the front and rear edge parts of an air bearing surface ABS. The pin retaining layer is extended from the ABS to the tip of the rear edge part of the AFM layer, and brought into contact with the first shield, and a path is provided for passing a detected current to the tunnel joined layer by bypassing the electric insulating AFM layer.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-105912

(P2000-105912A)

(43) 公開日 平成12年4月11日(2000.4.11)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	キーワード(参考)
G 1 1 B 5/39		G 1 1 B 5/39	
5/02		5/02	U

審査請求 有 請求項の数14 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平11-248570

(22) 出願日 平成11年9月2日(1999.9.2)

(31) 優先権主張番号 09/149900

(32) 優先日 平成10年9月8日(1998.9.8)

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシー
ズ・コーポレーション

INTERNATIONAL BUSIN
ESS MACHINES CORPO
RATION

アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州
アーモンク (番地なし)

(74) 代理人 100086243

弁理士 坂口 博 (外1名)

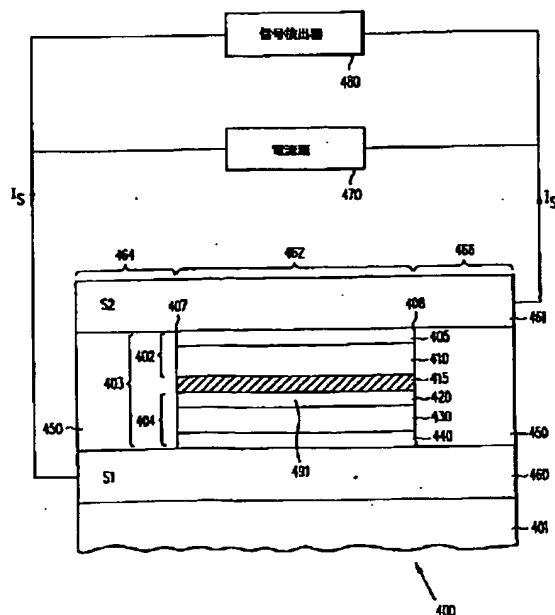
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気トンネル接合センサおよびディスク・ドライブ・システム

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 反強磁性AFM層を有し、磁気ディスク・ドライブ中の磁界センサ、または磁気ランダム・アクセスアレイ中のメモリ・セルとして使用する磁気トンネル接合MTJデバイス。

【解決手段】 センサ400中の磁気トンネル接合は、第1のシールド460上に形成し、MTJセンサ・ストライプ403形成層のスタックからなる。該層は、AFM層430、印加磁界下で磁気モーメントが回転不可能にAFM層と交換バイアスされたピン止め強磁性層420、印加磁界下で回転できる磁気モーメントを有する自由強磁性層410、およびピン止め層と自由層間に配置の絶縁トンネル・バリア層415である。MTJセンサ・ストライプは、平行な側縁部および空気ベアリング面ABSの前後縁部により成形する。ピン止め層はABSからAFM層の後縁部の先に延び第1のシールドに接触し、検知電流が電気絶縁AFM層をバイパスしてトンネル接合層まで流れる経路を与える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】基板と、

基板上に形成された強磁性材料の第1のシールド（S1）と、

前記第1のシールド上に形成され、概して長方形形状を有し、対向する2つの側縁部、すなわち後縁部および前縁部を有し、電気絶縁反強磁性材料の反強磁性（AFM）層、前記AFM層と接触し、前記第1のシールドと電気接触する強磁性材料のピン止め層、強磁性材料の自由層、および前記ピン止め層と前記自由層の間に配置された電気絶縁材料のトンネル接合層を含む磁気トンネル接合（MTJ）センサ・ストライプと、
前記MTJセンサ・ストライプ上に形成され、それと接触する強磁性材料の第2のシールド（S2）と、
第1のシールド上の前記MTJセンサ・ストライプの対向する側面、および前記ピン止め層上の前記MTJセンサ・ストライプの後縁部の先に形成され、前記第1のシールドおよび前記ピン止め層を前記第2のシールドから分離する絶縁層とを備える磁気トンネル接合（MTJ）センサ。

【請求項2】前記AFM層がNiOから製造される、請求項1に記載のMTJセンサ。

【請求項3】前記絶縁層が Al_2O_3 から製造される、請求項1に記載のMTJセンサ。

【請求項4】前記第1のシールドがNi－Feから製造される、請求項1に記載のMTJセンサ。

【請求項5】前記第2のシールドがNi-Feから製造される、請求項1に記載のMTJセンサ。

【請求項6】 信号検出器と、

検出電流を供給する電流源と、

前記第1のシールドを電流源および信号検出器に接続する第1の電気接続と、

前記第2のシールドを電流源および信号検出器に接続する第2の電気接続とをさらに備え、

前記第1および第2のシールドが、トンネル・バリア層中および自由層中を垂直方向に流れる検知電流に対する電気抵抗を検知する電気リード線を提供し、前記検知電流の流れが前記絶縁層によって前記MTJセンサ・ストライプのまわりに分流するのを妨げられる、請求項1に記載のMTJセンサ。

【請求項7】前記AFM層が $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{NiO}$ から製造される、請求項1に記載のMTJセンサ。

【請求項8】磁気記録ディスクと、
前記磁気記録ディスク上に磁気的に記録されたデータを
検知する磁気トンネル接合（MTJ）センサであって、
基板と、

基板上に形成された強磁性材料の第1のシールド（S1）と、

前記第1のシールド上に形成され、概して長方形の形状を有し、対向する2つの側縁部、すなわち後縁部および

前縁部を有し、電気絶縁反強磁性材料の反強磁性（AFM）層、前記AFM層と接触し、前記第1のシールドと電気接触する強磁性材料のピン止め層、強磁性材料の自由層、および前記ピン止め層と前記自由層の間に配置された電気絶縁材料のトンネル接合層を含む磁気トンネル接合（MTJ）センサ・ストライプと、

前記MTJセンサ・ストライプ上に形成され、それと接触する強磁性材料の第2のシールド(S2)と、

第1のシールド上の前記MTJセンサ・ストライプの対向する側面、および前記ピン止め層上の前記MTJセンサ・ストライプの後縁部の先に形成され、前記第1のシールドおよび前記ピン止め層を前記第2のシールドから分離する絶縁層を含むMTJセンサと、

MTJセンサが磁気記録ディスク上に磁気的に記録されたデータの異なる領域にアクセスできるように前記MTJセンサを磁気記録ディスク上で動かすアクチュエータと、

MTJセンサに電氣的に結合され、磁氣的に記録されたデータからの磁界にตอบสนองしてピン止め層の固定磁化に対する自由強磁性層の磁化軸の回転によって生じたMTJセンサの抵抗の変化を検出する記録チャネルとを備えるディスク・ドライブ・システム。

【請求項9】前記AFM層がNiOから製造される、請求項8に記載のディスク・ドライブ・システム。

【請求項10】前記絶縁層が Al_2O_3 から製造される、請求項8に記載のディスク・ドライブ・システム。

【請求項11】前記第1のシールドがNi-Feから製造される、請求項8に記載のディスク・ドライブ・システム。

【請求項12】前記第2のシールドがNi-Feから製造される、請求項8に記載のディスク・ドライブ・システム。

【請求項13】信号検出器と、

検出電流を供給する電流源と、

前記第1のシールドを電流源および信号検出器に接続する第1の電気接続と、

前記第2のシールドを電流源および信号検出器に接続する第2の電気接続とをさらに備え、

前記第1および第2のシールドが、トンネル・バリア層中および自由層中を垂直方向に流れる検知電流に対する電気抵抗を検知する電気リード線を提供し、前記検知電流の流れが前記絶縁層によって前記MTJセンサ・ストライプのまわりに分流するのを妨げられる、請求項8に記載のディスク・ドライブ・システム。

【請求項14】前記AFM層が α -Fe₂O₃/NiOから製造される、請求項8に記載のディスク・ドライブ・システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一般に磁気媒体か

ら情報信号を読み取るための磁気トンネル接合変換器に関し、詳細には電気絶縁反強磁性層を有する磁気トンネル接合センサおよびそのようなセンサを組み込んだ磁気記憶システムに関する。

【0002】

【従来の技術】コンピュータは、データを書き込むことができ、かつ後で使用するためにデータを読み取ることができる媒体を有する補助記憶装置を含んでいることが多い。回転する磁気ディスクを組み込んでおり、ディスク表面上にデータを磁気の形で記憶する直接アクセス記憶装置（ディスク・ドライブ）が一般に使用される。データは、ディスク表面上の半径方向に離間した同心トラック上に記録される。その場合、読取りセンサを含んでいる磁気ヘッドを使用して、ディスク表面上のトラックからデータを読み取る。

【0003】大容量ディスク・ドライブでは、一般にMRセンサと呼ばれる磁気抵抗（MR）読取りセンサが、薄膜誘導ヘッドよりも大きいトラック密度および線密度でディスクの表面からデータを読み取ることができるため、主流の読取りセンサとなっている。MRセンサは、MR層によって検知された磁束の強度および方向に応じたMR検知層（「MR要素」や「MRエレメント」とも呼ばれる）の抵抗の変化によって磁界を検出する。

【0004】従来のMRセンサは、MR要素の抵抗がMR要素の磁化とMR要素中を流れるセンス電流の方向との間の角度のコサインの二乗に従って変化するという異方性磁気抵抗（AMR）効果に基づいて動作する。記録されたデータは磁気媒体から読み取ることができる。これは、記録された磁気媒体からの外部磁界（信号磁界）によりMR要素の磁化の方向が変化し、その結果MR要素の抵抗が変化し、それに応じて検知された電流または電圧が変化するためである。

【0005】他のタイプのMRセンサはGMR効果を示す巨大磁気抵抗（GMR）センサである。GMRセンサでは、MR検知層の抵抗は、非磁性層（スペーサ）によって分離された磁性層間の伝導電子のスピン依存性移動、およびそれに付随して磁性層と非磁性層の境界および磁性層の内部で起こるスピン依存性散乱に応じて変化する。

【0006】非磁性材料（例えば銅）の層によって分離された強磁性材料（例えばNi-Fe）の2つの層のみを使用したGMRセンサは一般にスピン・バルブ（SV）効果を示すSVセンサと呼ばれる。

【0007】図1に中央領域102によって分離された端部領域104および106を含んでいる従来技術のSVセンサ100を示す。ピン止め層120と呼ばれる第1の強磁性層の磁化は、一般に反強磁性（AFM）層125との交換結合によって固定（ピン止め）される。自由層110と呼ばれる第2の強磁性層の磁化は、固定されず、記録された磁気媒体からの磁界（信号磁界）に応

答して自由に回転することができる。自由層110は非磁性、電気伝導スペーサ層115によってピン止め層120から分離される。端部領域104および106中にそれぞれ形成されたハード・バイアス層130および135は、自由層110に縦方向バイアスを提供する。ハード・バイアス層130および135上にそれぞれ形成されたリード線140および145は、SVセンサ100の抵抗を検知する電気接続を提供する。参照により本発明の一部となるディーニー（Dieny）他に付与されたIBMの米国特許第5206590号には、SV効果に基づいて動作するGMRセンサが開示されている。

【0008】現在開発中の他のタイプの磁気デバイスは磁気トンネル接合（MTJ）デバイスである。MTJデバイスはメモリ・セルおよび磁界センサとして応用が可能である。MTJデバイスは、薄い電気絶縁トンネル・バリア層によって分離された2つの強磁性層を含んでいる。トンネル・バリア層は、強磁性層間に電荷担体の量子力学的トンネル効果が起こるほど十分薄い。トンネル効果過程は電子スピン依存性であり、これは接合上のトンネル効果電流が強磁性材料のスピン依存性電子特性に依存し、また2つの強磁性層の磁気モーメントの相対配向、または磁化の方向によって変化することを意味する。MTJセンサでは、一方の強磁性層の磁気モーメントは固定され、他方の強磁性層の磁気モーメントは記録媒体からの外部磁界（信号磁界）にตอบสนองして自由に回転することができる。2つの強磁性層間に電位を加えた場合、センサの抵抗は、その強磁性層間の絶縁層上のトンネル効果電流によって変化する。トンネル・バリア層中を垂直方向に流れるトンネル効果電流は2つの強磁性層の相対磁化方向に依存するので、記録されたデータを磁気媒体から読み取ることができる。これは、信号磁界により自由層の磁化の方向が変化し、その結果MTJセンサの抵抗が変化し、それに応じて検知された電流または電圧が変化するためである。参照により全体が本発明の一部となるガラガー（Gallagher）他に付与されたIBMの米国特許第5650958号には、磁気トンネル接合効果に基づいて動作するMTJセンサが開示されている。

【0009】図2に、第1の電極204と第2の電極202とトンネル・バリア層215とを含む従来のMTJセンサ200を示す。第1の電極204はピン止め層（ピン止め強磁性層）220、反強磁性（AFM）層230、およびシード層240を含んでいる。ピン止め層220の磁化はAFM層230との交換結合によって固定される。第2の電極202は自由層（自由強磁性層）210およびキャップ層205を含んでいる。自由層210は非磁性電気絶縁トンネル・バリア層215によってピン止め層220から分離される。外部磁界がない場合、自由層210の磁化は、矢印212で示される方向を向いている、すなわち概して矢印222（矢印の尾部

が紙面を指す)で示されるピン止め層220の磁化方向に対して直角である。第1の電極204および第2の電極202と接触してそれぞれ形成された第1のリード線260および第2のリード線265は、検知電流 I_s が電流源270からMTJセンサ200へ流れるための電気接続を与える。第1のリード線260および第2のリード線265に接続された部分応答最尤(PRL)チャネルなどの記録チャネルを一般に含んでいる信号検出器280は、外部磁界により自由層210中に生じた変化に起因する抵抗の変化を検知する。

【0010】図3に、従来技術のMTJセンサ200の空気ベアリング面に対して直角な断面図を示す。MTJセンサ200はセンサ・ストリップ290を含んでおり、センサ・ストリップ290はABSのところに前縁部291を有し、またABSからトンネル・バリア層215の後縁部によって画定された後縁部292まで延びる。リード線260、265は、検知電流 I_s がトンネル・バリア層215に対して直角な方向に流れるための電気接続を提供する。電気絶縁層250は、センサ・ストリップ290の後縁部292のトンネル・バリア層のまわりに検知電流が分流するのを防ぐ。

【0011】MTJセンサでは、検知電流がトンネル・バリア層に対して直角な方向に流れるので、トンネル・バリア層を除いてリード線層間に配置されたすべての層について適度に高い電気伝導性が必要とされる。これらの層の1つは、強磁性ピン止め層の磁化方向を固定するために使用されるAFM層である。Mn-Feは、以前のMTJセンサで使用されていた良好な電気伝導性を有する反強磁性磁石である。しかしながら、Mn-Feは、製造工程中の関心事である耐食性が不十分であり、ディスク・ドライブ環境でMTJセンサの長期の安定度を得るためには望ましくない。高い耐食性を有する代替AFM材料はNiOおよび α -Fe₂O₃/NiO二重層であるが、これらのAFM材料は電気絶縁性であり、したがって検知電流がリード線間で通常のMTJセンサ構造を有するトンネル・バリア層に対して直角な方向に流れるための経路を与えない。

【0012】ピン止め層の磁化を固定するために使用されるピン止め層に、高い耐食性を有するNiOや α -Fe₂O₃/NiOなどの電気絶縁AFM材料を使用することができるMTJセンサの構造、およびこの構造を有するMTJセンサを製造する方法が必要である。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】本発明の一目的は、電気絶縁AFM層を有する磁気抵抗トンネル接合(MTJ)センサを開示することである。

【0014】本発明の他の目的は、NiOから製造したAFM層を有するMTJセンサを開示することである。

【0015】本発明の他の目的は、電気絶縁AFM層を使用し、電気リード線の役目もする磁気シールドに電気

的に接触するピン止め層構造を有するMTJセンサを開示することである。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明の原理によれば、概して長方形の形状を有するMTJセンサ・ストライプと、対向する2つの側縁部、すなわちABS表面の後縁部および前縁部とを含むMTJセンサが開示される。センサ・ストライプは、NiO、反強磁性材料のAFM層を含む層のスタックを含んでいる。AFM層上に付着させた強磁性ピン止め層はMTJセンサ・ストライプの後縁部(空気ベアリング面のストライプの前縁部に対向する縁部)の後ろの第1の強磁性シールドと電気接触して、検知電流が電気絶縁AFM層をバイパスするための経路を与える。その場合、検知電流は、ピン止め層からトンネル・バリア層およびMTJセンサ・ストライプの自由層を横断して、MTJセンサの第2の電気リード線の役目をする第2の強磁性シールドまで流れる。

【0017】MTJセンサは、シールド層、AFM層、ピン止め強磁性層、トンネル・バリア層、自由強磁性層、および第1のシールド上に順次に付着させたキャップ層を含んでいる。シールド層およびAFM層を付着させた後、AFM層をセンサ・ストライプの後縁部の先に延びるAFM後縁部を有するようにフォトリソグラフィによって画定する。ピン止め強磁性層をAFM層上、AFM後縁部上および第1のシールドと電気接触する第1のシールド上に付着させる。次いで、トンネル・バリア層、自由層、およびキャップ層を順次に付着させ、フォトリソグラフィによってパターン形成して、MTJセンサ・ストライプを形成する。次いで、電気絶縁層をMTJセンサ領域全体上に付着させる。次いで、MTJセンサ・ストライプを覆っているフォトレジストを除去し、MTJセンサ・ストライプの第2の電極と電気接触する強磁性材料の第2のシールドをMTJセンサ上に付着させる。

【0018】本発明のMTJセンサ構造では、第1および第2の強磁性シールド層は、当技術分野で知られているように漂遊磁界からの磁気遮蔽を行い、またMTJスタックの第1および第2の電極にそれぞれ検知電流を供給するための電気リード線を提供する。この実施形態で使用されるAFM層は電気絶縁性であるので、センサ・ストライプの後縁部の先で第1のシールドとピン止め層とが直接接触することによりMTJセンサの第1の電極への検知電流経路が与えられる。MTJセンサの端部領域およびセンサ・ストライプの後縁部の材料の電気絶縁層は、検知電流の流れが第1のシールドと第2のシールドの間のトンネル・バリア層のまわりに分流するのを防ぐ。

【0019】以下の図面では、同じまたは類似の部品はすべて同じ参照番号で示す。

【0020】

【発明の実施の形態】以下の説明は本発明を実施するための現在考えられる最善の実施形態である。この説明は本発明の一般原理を説明するために行うものであり、本明細書で特許請求する本発明の概念を限定するものではない。

【0021】次に図4および図5を参照すると、本発明を実施するディスク・ドライブ300が示されている。図4および図5に示すように、少なくとも1つの回転可能磁気ディスク312がスピンドル314上に支持され、ディスク・ドライブ・モータ318によって回転する。各ディスク上の磁気記録媒体はディスク312上の同心データ・トラック（図示せず）の環状パターンの形をしている。

【0022】少なくとも1つのスライダ313がディスク312上に位置しており、各スライダ313は1つまたは複数の磁気読取り/書込みヘッド321を支持している。ヘッド321は本発明のMTJセンサを組み込んでいる。ディスクが回転すると、スライダ313はディスク表面322上を半径方向内側および外側に動き、それによりヘッド321は所望のデータが記録されているディスクの異なる部分にアクセスすることができる。各スライダ313はサスペンション315によってアクチュエータ・アーム319に取り付けられる。サスペンション315はディスク表面322に対してスライダ313をバイアスするわずかなばね力を与える。各アクチュエータ・アーム319はアクチュエータ327に取り付けられる。図4および図5に示されるアクチュエータはボイス・コイル・モータ（VCM）のこともある。VCMは固定の磁界中で動くことができるコイルを含んでおり、コイルの動きの方向および速度はコントローラ329によって供給されるモータ電流信号によって制御される。

【0023】ディスク記憶システムの動作中、ディスク312の回転により、スライダ313（ヘッド321を含みかつディスク312の表面に対向するスライダ313の表面を空気ベアリング面（ABS）と呼ぶ）とスライダに上向きの力または揚力を加えるディスク表面322との間に空気ベアリングが生じる。したがって、空気ベアリングは、サスペンション315のわずかなばね力を相殺し、スライダ313を通常動作中に小さい、実質上一定の間隔でディスク表面からわずかに上方に支持する。

【0024】ディスク記憶システムの様々な構成要素は、アクセス制御信号や内部クロック信号など、制御装置329によって生成された制御信号によって動作中に制御される。一般に、制御装置329は論理制御回路、記憶チップ、およびマイクロプロセッサを含んでいる。制御装置329は、線323上の駆動モータ制御信号や、線328上のヘッド位置信号およびシーク制御信号など、様々なシステム動作を制御するための制御信号を

生成する。線328上の制御信号は、スライダ313をディスク312上の所望のデータ・トラックへ最適に動かし、位置決めするための所望の電流プロファイルを与える。記録チャネル325によって読取りおよび書込み信号が読取り/書込みヘッド321との間で伝達される。

【0025】代表的な磁気ディスク記憶システムの上記の説明、および添付の図4および図5は提示のためのものにすぎない。ディスク記憶システムは多数のディスクおよびアクチュエータを含むことができ、各アクチュエータはいくつかのスライダを支持することができることは明らかであろう。

【0026】図5に、MTJ読取りヘッド位置および誘導書込みヘッド位置を含む本発明を実施する読取り/書込みヘッド321の概略断面図を示す。ヘッド321はラップされてABSを形成する。読取りヘッドは、第1のシールド層S1と第2のシールド層S2の間に配置されたMTJセンサ340を含んでいる。第1のシールド層S1と第2のシールド層S2の間でMTJセンサから離れた領域内には絶縁ギャップ層G1が配置されている。書込みヘッドはコイル層Cと絶縁層IN2とを含んでおり、コイル層Cと絶縁層IN2は絶縁層IN1と絶縁層IN3の間に配置されており、絶縁層IN1と絶縁層IN3は第1の極片P1と第2の極片P2の間に配置されている。第1の極片P1と第2の極片P2の間には、ABSに隣接したそれらの極先端部のところに磁気書込みギャップを与えるギャップ層G2が配置されている。図5に示される結合読取り/書込みヘッド321は、読取りヘッドの第2のシールド層S2が書込みヘッド用の第1の極片P1として使用されている「併合（merged）」ヘッドである。

【0027】図6に、本発明の好ましい実施形態によるMTJセンサ400の空気ベアリング面（ABS）の図を示す。MTJセンサ400は、中央領域462によって互いに分離された端部領域464および466を含んでいる。MTJセンサ400の活性領域は中央領域462内に形成されたMTJセンサ・ストライプ403である。MTJセンサ・ストライプ403は、対向する2つの側縁部407、408とABSの前縁部491に対向する後縁部（図示せず）とを有する概して長方形形状を有する。MTJセンサ・ストライプ403は第1の電極404、第2の電極402、および第1の電極404と第2の電極402の間に配置されたトンネル・バリア層415を含んでいる。第1の電極404はピン止め層420、AFM層430およびシード層440を含んでおり、ピン止め層420はトンネル・バリア層415とAFM層430の間に配置されており、AFM層430はピン止め層420とシード層440の間に配置されている。第2の電極402は自由層410およびギャップ層405を含んでおり、自由層410はトンネル・バリア

層415とキャップ層405の間に配置されている。

【0028】AFM層430はピン止め層420に交換結合され、ABSに対して直角なピン止め層420の磁化方向を固定する交換磁界を与える。自由層410の磁化はABSに対して平行に配向し、信号磁界が存在する場合に自由に回転することができる。

【0029】本発明の好ましい実施形態では、MTJセンサ・ストライプ403は第1のシールド(S1)460上の中央領域462内に形成される。第1のシールド460は、Ni-Fe(パーマロイ)、あるいはAl-Fe-Si(センダスト)などの軟強磁性材料の層であり、中央領域462および端部領域464および466上に延びて、MTJセンサを漂遊磁界から磁気遮蔽する。端部領域464および466内およびMTJセンサ・ストライプ403の後縁部の後ろにはAl₂O₃などの電気絶縁材料の絶縁層450が形成される。絶縁層450上の端部領域内464および466上、およびMTJセンサ・ストライプ403上の中央領域462内にはNi-Fe、あるいはAl-Fe-Siなどの軟強磁性材料の第2のシールド(S2)461が形成される。

【0030】図7にABSに対して直角なMTJセンサ400の断面図を示す。MTJセンサ・ストライプ403はABSのところに前縁部491を有し、前縁部491はABSからトンネル・バリア層415の後縁部によって画定される後縁部492まで延びる。本発明のMTJセンサ内のAFM層は電気絶縁材料から形成されるので、検知電流がAFM層430をバイパスしてトンネル・バリア層415に対して直角な方向に流れるための経路を与える必要がある。検知電流が流れるための経路は、AFM層430をパターン形成して、AFM後縁部494をMTJセンサ・ストライプの後縁部492よりもかなりさらにABSから離れて画定し、次いで強磁性ピン止め層420をAFM層430上および第1のシールド460の露出領域上にAFM後縁部494よりもさらにABSから離れて付着させることによって形成される。AFM後縁部494はABSから10~50マイクロメートル離れた範囲内に入るようにパターン形成できるが、MTJセンサ・ストライプ後縁部492はABSから約0.5マイクロメートルしか離れていない。この構造は、検知電流I_sが第1のシールド460からピン止め層420の平面に入り、それに沿って流れ、トンネル・バリア層415および自由層410を横断して第2のシールド461まで流れるための経路を与える。ピン止め層420上のMTJセンサ・ストライプ後縁部492の先に付着させた絶縁層450は、第1のシールド460と第2のシールド461とを電気絶縁させ、検知電流がMTJセンサ・ストライプ403のまわりに分流するのを防ぐ。検知電流はピン止め層420の平面内を流れるので、その磁界を使用すれば自由層410内の安定な磁気状態を達成することができる。

【0031】再び図6を参照すると、第1のシールド460および第2のシールド461は、検知電流I_sが電流源470からMTJセンサ・ストライプ403まで流れるための電気接続を与える。シールド460および461に電気的に接続された信号検出器480は、外部磁界(例えばディスク上に記憶されたデータ・ビットによって生じた磁界)により自由層410中に生じた変化に起因する抵抗の変化を検出する。外部磁界は、ABSに対して好ましくは直角に固定されたピン止め層420の磁化方向に対して自由層410の磁化方向を回転させる働きをする。信号検出器480は、当業者に知られている部分応答最尤(PRML)チャネルなどのデジタル記録チャネルや、ピーク検出チャネルまたは最尤チャネルなどのよく知られている他のタイプの記録チャネルを含んでいることが好ましい。信号検出器480はまた、当業者に知られている検知された抵抗変化を調整するための(センサとチャネルの間に電気的に配置された)前置増幅器などの他の支持回路を含んでいる。

【0032】MTJセンサ400は、図6および図7に示される多層構造を順次に付着させるマグネトロン・スパッタリングまたはイオン・ビーム・スパッタリング・システムで製造することができる。約5000~10000Åの厚さを有するNi-Fe(パーマロイ)の第1のシールド(S1)460は基板401上に付着させる。シード層440、AFM層430、ピン止め層420、トンネル・バリア層415、自由層410、およびキャップ層405は、すべての強磁性層の層化容易軸を配向させるために約400eの縦方向または横方向磁界の存在下で第1のシールド460上に順次に付着させる。シード層440は、後続の層の結晶学的組織または結晶粒度を変更するために付着させる層であり、後続の層の材料によっては必要でないこともある。シード層を使用する場合は、約30~50Åの厚さを有するタンタル(Ta)、ジルコニウム(Zr)、ニッケル鉄(Ni-Fe)、またはAl₂O₃から形成することができる。約100~400Åの厚さを有するNiOから形成されたAFM層430は、酸素を含む反応ガスの存在下でニッケル・ターゲットをスパッタすることによってシード層440上に付着させる。AFM層430は、フォトリソグラフィによってAFM後縁部494を画定することによってパターン形成される。強磁性ピン止め層420は、AFM層430上およびAFM後縁部494のパターン形成によって露出した第1のシールド460の領域上に付着させる。ピン止め層420は、約20~50Åの厚さを有するNi-Feから形成することができ、あるいは約20~50Åの厚さを有するNi-Feのサブ層およびNi-Feサブ層上に付着させた約5Åの厚さを有するCoのインタフェース層から形成することができる。トンネル・バリア層415は、ピン止め層420上に8~20Åのアルミニウム(Al)層を付着し、次

いでプラズマ酸化させることによって Al_2O_3 から形成される。強磁性自由層410は、約20～50Åの厚さを有するNi-Feから形成することができ、あるいはトンネル・バリア層415上に付着させた約5Åの厚さを有するCoのインタフェース層およびCoインタフェース層上に付着させた約20～50Åの厚さを有するNi-Feのサブ層から形成することができる。約50Åの厚さを有するTaから形成されたキャップ層405は自由層410上に付着させる。キャップ層405上にはフォトレジストを付着させ、当技術分野でよく知られているフォトリソグラフィ方法およびイオン・ミリング方法を使用して、MTJセンサ・ストライプ403の後縁部492および中央領域462を画定することができる。

【0033】ここでピン止め層420の露出した部分上のMTJストライプ後縁部492の後ろの領域内および第1のシールド(S1)460上の端部領域464、466内に絶縁層450を付着することができる。絶縁層450は、中央領域462内にMTJセンサ活性層の全厚さにはほぼ等しい厚さを有するアルミニウム(Al)層を付着し、次いでプラズマ酸化させることによって Al_2O_3 から形成される。次いで、MTJセンサ・ストライプ403を保護するフォトレジストを除去し、約5000～10000Åの厚さを有するNi-Fe(パーマロイ)の第2のシールド461を露出したMTJセンサ・ストライプ403上および絶縁層450上に付着させる。

【0034】第2のシールド461は第2の電極402に電気接触する。自由強磁性層410は、自由層410と第2のシールド461との磁気結合を破壊するために薄いキャップ層405によって第2のシールド461から分離される。

【0035】図8に本発明の他の実施形態によるMTJセンサ500のABSの図を示す。この実施形態と図6および図7に示される実施形態との唯一の差異は、シールド層440およびAFM層430が第1のシールド(S1)460上の端部領域464および466内ならびに中央領域462内に延びていることである。AFM層430はNiOなどの電気絶縁AFM材料から製造されるので、端部領域464、466内のAFM層430は第1のシールド(S1)460と第2のシールド(S2)461とを電気的に絶縁し、絶縁層450とともにS1とS2との電気的短絡を防ぐ。MTJセンサの後縁部の構造、および検知電流経路を与えるためにピン止め層420を第1のシールド(S1)460に電気接触させる方法は、好ましい実施形態について図7に示されるものと同じであるか、あるいは図9に示される電気接触の構造および方法とすることができる。

【0036】図9に本発明の他の実施形態によるABSに対して直角なMTJセンサ510の断面を示す。この

実施形態では、第1のシールド(S1)上に付着させたシールド層440およびAFM層430は第1のシールド(S1)上でABSから離れて延びる。AFM層430は電気絶縁材料から形成されているので、検知電流 I_s がAFM層430をバイパスしてトンネル・バリア層415に対して直角な方向に流れるための経路を与える必要がある。検知電流が流れるための経路は、AFM層430上にピン止め層420を付着する前にAFM層430中に開口(バイア)496を形成することによって作成される。バイア496は、当技術分野でよく知られている方法を使用して、AFM層430の領域内にMTJセンサ・ストライプ後縁部492よりもさらにABSから離れて形成される。ピン止め層420はAFM層430上およびAFM層430中にバイア496によって露出した第1のシールド(S1)460の領域上に付着させる。ピン止め層420はバイア496を介して第1のシールド(S1)460に電気接触し、検知電流 I_s が第1のシールド(S1)460からピン止め層の平面内に入り、それに沿って流れ、トンネル・バリア層415および自由層410を横断して第2のシールド(S2)461に至るための経路を与える。ピン止め層420上のMTJストライプ後縁部492の先に付着させた絶縁層450は、第1のシールド(S1)460と第2のシールド(S2)461とを電気的に絶縁させ、検知電流がMTJセンサ・ストライプ403のまわりに分流するのを防ぐ。

【0037】別法として、本発明によるMTJセンサ400を製造するためにAFM層430を $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{NiO}$ 二重層から作成することもできる。

【0038】まとめとして、本発明の構成に関して以下の事項を開示する。

【0039】(1)基板と、基板上に形成された強磁性材料の第1のシールド(S1)と、前記第1のシールド上に形成され、概して長方形形状を有し、対向する2つの側縁部、すなわち後縁部および前縁部を有し、電気絶縁反強磁性材料の反強磁性(AFM)層、前記AFM層と接触し、前記第1のシールドと電気接触する強磁性材料のピン止め層、強磁性材料の自由層、および前記ピン止め層と前記自由層の間に配置された電気絶縁材料のトンネル接合層を含む磁気トンネル接合(MTJ)センサ・ストライプと、前記MTJセンサ・ストライプ上に形成され、それと接触する強磁性材料の第2のシールド(S2)と、第1のシールド上の前記MTJセンサ・ストライプの対向する側面、および前記ピン止め層上の前記MTJセンサ・ストライプの後縁部の先に形成され、前記第1のシールドおよび前記ピン止め層を前記第2のシールドから分離する絶縁層とを備える磁気トンネル接合(MTJ)センサ。

(2)前記AFM層がNiOから製造される、上記(1)に記載のMTJセンサ。

(3) 前記絶縁層が Al_2O_3 から製造される、上記(1)に記載のMTJセンサ。
 (4) 前記第1のシールドがNi-Feから製造される、上記(1)に記載のMTJセンサ。
 (5) 前記第2のシールドがNi-Feから製造される、上記(1)に記載のMTJセンサ。
 (6) 信号検出器と、検出電流を供給する電流源と、前記第1のシールドを電流源および信号検出器に接続する第1の電気接続と、前記第2のシールドを電流源および信号検出器に接続する第2の電気接続とをさらに備え、前記第1および第2のシールドが、トンネル・バリア層中および自由層中を垂直方向に流れる検知電流に対する電気抵抗を検知する電気リード線を提供し、前記検知電流の流れが前記絶縁層によって前記MTJセンサ・ストライプのまわりに分岐するのを妨げられる、上記(1)に記載のMTJセンサ。
 (7) 前記AFM層が $\alpha-Fe_2O_3/NiO$ から製造される、上記(1)に記載のMTJセンサ。
 (8) 磁気記録ディスクと、前記磁気記録ディスク上に磁気的に記録されたデータを検知する磁気トンネル接合(MTJ)センサであって、基板と、基板上に形成された強磁性材料の第1のシールド(S1)と、前記第1のシールド上に形成され、概して長方形の形状を有し、対向する2つの側縁部、すなわち後縁部および前縁部を有し、電気絶縁強磁性材料の反強磁性(AFM)層、前記AFM層と接触し、前記第1のシールドと電気接触する強磁性材料のピン止め層、強磁性材料の自由層、および前記ピン止め層と前記自由層の間に配置された電気絶縁材料のトンネル接合層を含む磁気トンネル接合(MTJ)センサ・ストライプと、前記MTJセンサ・ストライプ上に形成され、それと接触する強磁性材料の第2のシールド(S2)と、第1のシールド上の前記MTJセンサ・ストライプの対向する側面、および前記ピン止め層上の前記MTJセンサ・ストライプの後縁部の先に形成され、前記第1のシールドおよび前記ピン止め層を前記第2のシールドから分離する絶縁層とを含むMTJセンサと、MTJセンサが磁気記録ディスク上に磁気的に記録されたデータの異なる領域にアクセスできるように前記MTJセンサを磁気記録ディスク上で動かすアクチュエータと、MTJセンサに電気的に結合され、磁気的に記録されたデータからの磁界に反応してピン止め層の固定磁化に対する自由強磁性層の磁化軸の回転によって生じたMTJセンサの抵抗の変化を検出する記録チャネルとを備えるディスク・ドライブ・システム。
 (9) 前記AFM層がNiOから製造される、上記(8)に記載のディスク・ドライブ・システム。
 (10) 前記絶縁層が Al_2O_3 から製造される、上記(8)に記載のディスク・ドライブ・システム。
 (11) 前記第1のシールドがNi-Feから製造される、上記(8)に記載のディスク・ドライブ・システム。

ム。

(12) 前記第2のシールドがNi-Feから製造される、上記(8)に記載のディスク・ドライブ・システム。

(13) 信号検出器と、検出電流を供給する電流源と、前記第1のシールドを電流源および信号検出器に接続する第1の電気接続と、前記第2のシールドを電流源および信号検出器に接続する第2の電気接続とをさらに備え、前記第1および第2のシールドが、トンネル・バリア層中および自由層中を垂直方向に流れる検知電流に対する電気抵抗を検知する電気リード線を提供し、前記検知電流の流れが前記絶縁層によって前記MTJセンサ・ストライプのまわりに分岐するのを妨げられる、上記(8)に記載のディスク・ドライブ・システム。

(14) 前記AFM層が $\alpha-Fe_2O_3/NiO$ から製造される、上記(8)に記載のディスク・ドライブ・システム。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来技術のSVセンサの空気ベアリング面の図である(縮尺は一定でない)。

【図2】従来技術の磁気トンネル接合センサの空気ベアリング面の図である(縮尺は一定でない)。

【図3】従来技術の磁気トンネル接合センサの空気ベアリング面に対して直角な断面図である(縮尺は一定でない)。

【図4】磁気記録ディスク・ドライブ・システムの簡略化した図である。

【図5】シールド間にあり誘導書込みヘッドに隣接するMTJ読取りヘッドを有する誘導書込み/MTJ読取りヘッドの垂直断面図である(縮尺は一定でない)。

【図6】本発明の磁気トンネル接合センサの一実施形態の空気ベアリング面の図である(縮尺は一定でない)。

【図7】本発明の磁気トンネル接合センサの空気ベアリング面に対して直角な断面図である(縮尺は一定でない)。

【図8】本発明の磁気トンネル接合センサの他の実施形態の空気ベアリング面の図である(縮尺は一定でない)。

【図9】本発明の磁気トンネル接合センサの他の実施形態の空気ベアリング面に対して直角な断面図である(縮尺は一定でない)。

【符号の説明】

400 MTJセンサ

402 第2の電極

404 第1の電極

403 MTJセンサ・ストライプ

405 キャップ層

407 側縁部

408 側縁部

410 自由層

415 トンネル・バリア層

420 ピン止め層

430 AFM層

440 シード層

450 絶縁層

460 第1のシールド(S1)

461 第2のシールド(S2)

462 中央領域

464 端部領域

466 端部領域

470 電流源

480 信号検出器

491 前縁部

492 後縁部

494 AFM後縁部

496 バイア

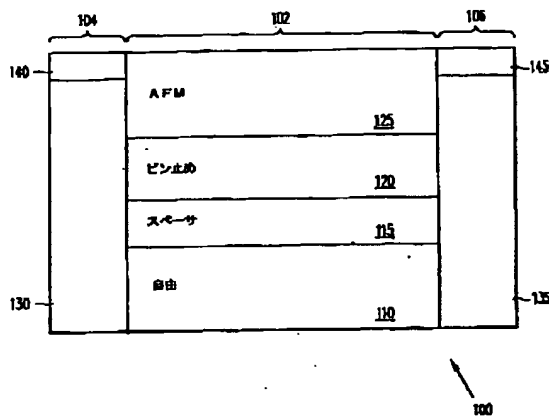
S1 第1のシールド

S2 第2のシールド

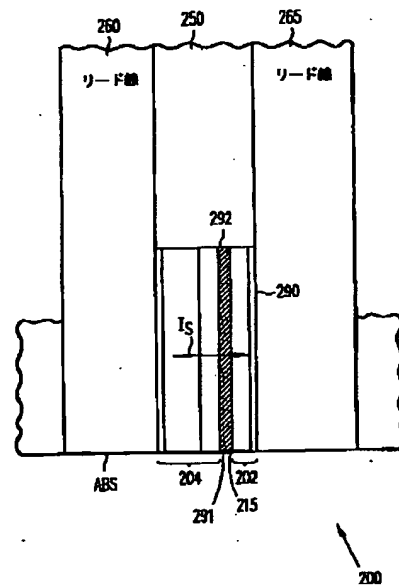
I_s 検知電流

10

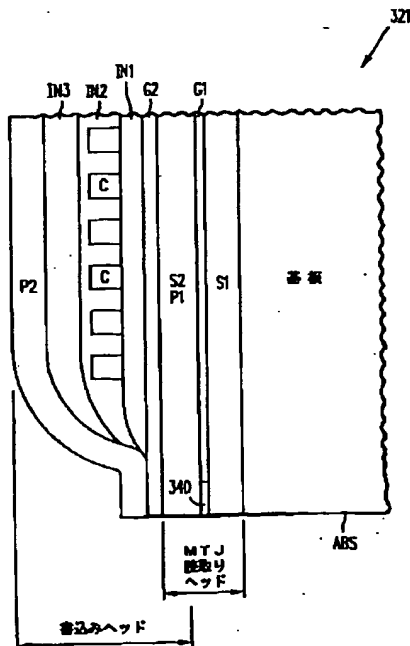
【図1】



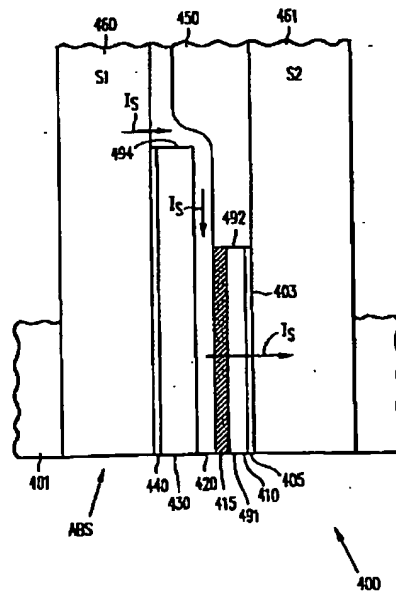
【図3】



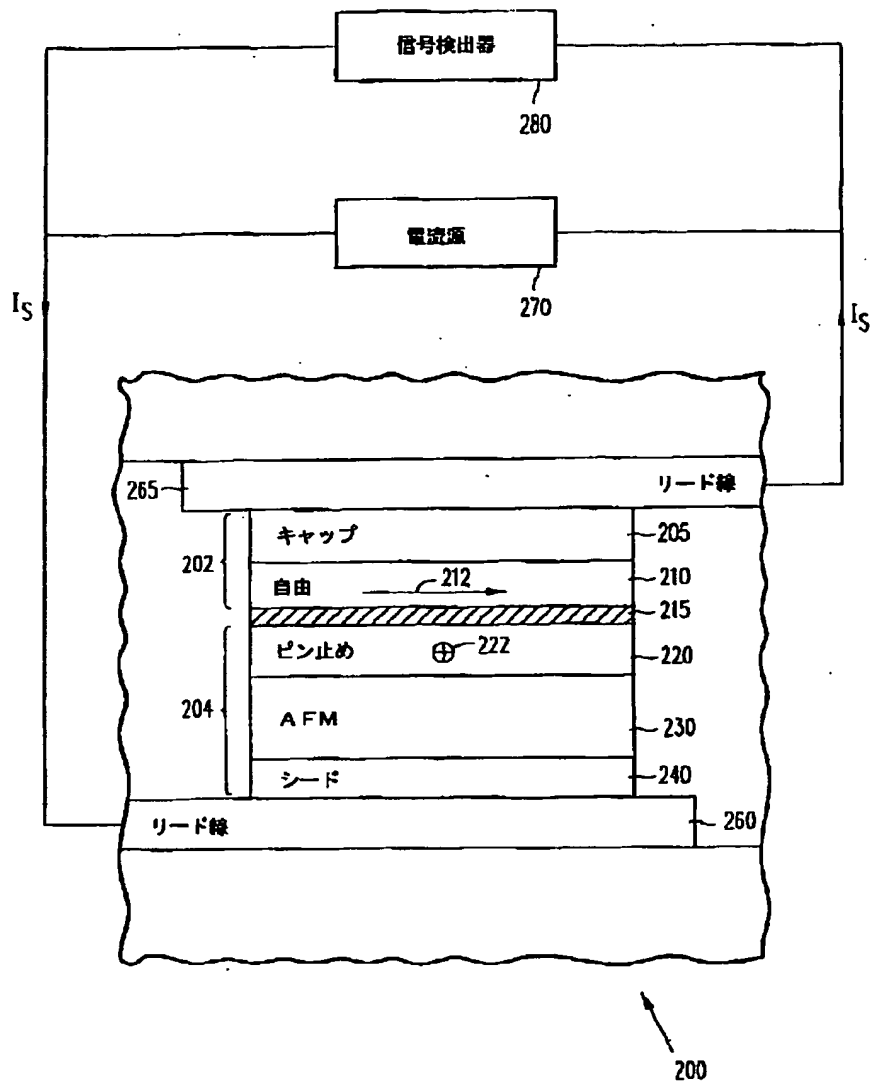
【図5】



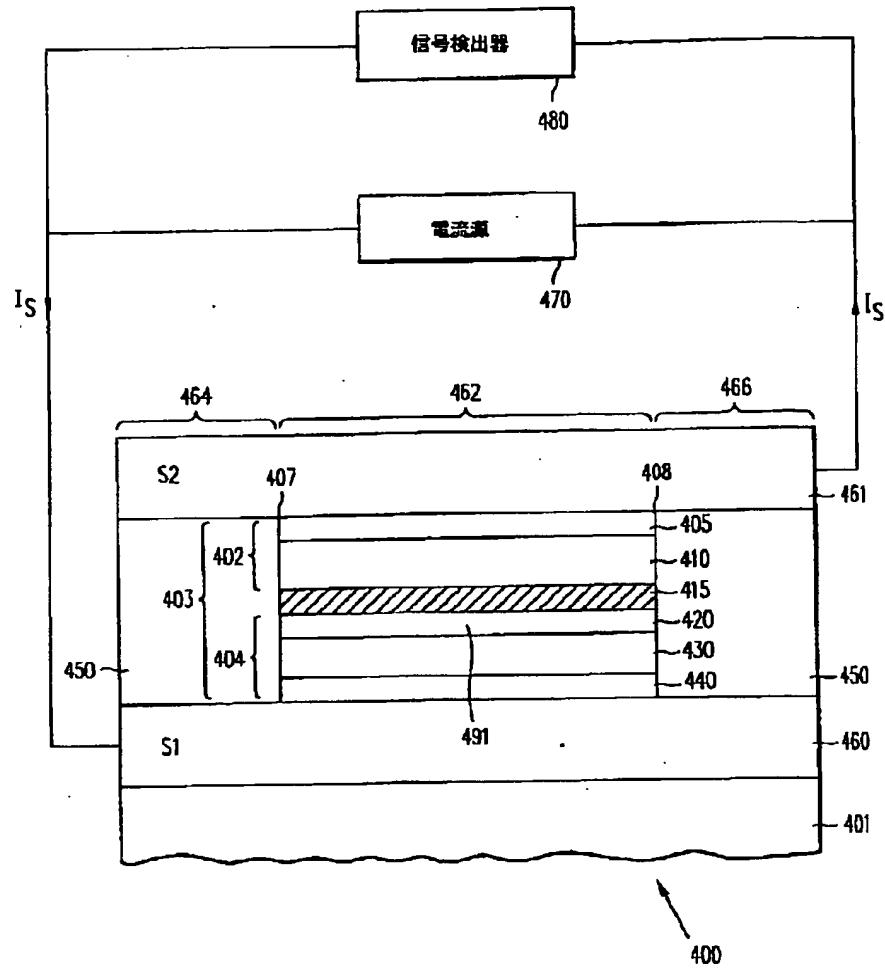
【図7】



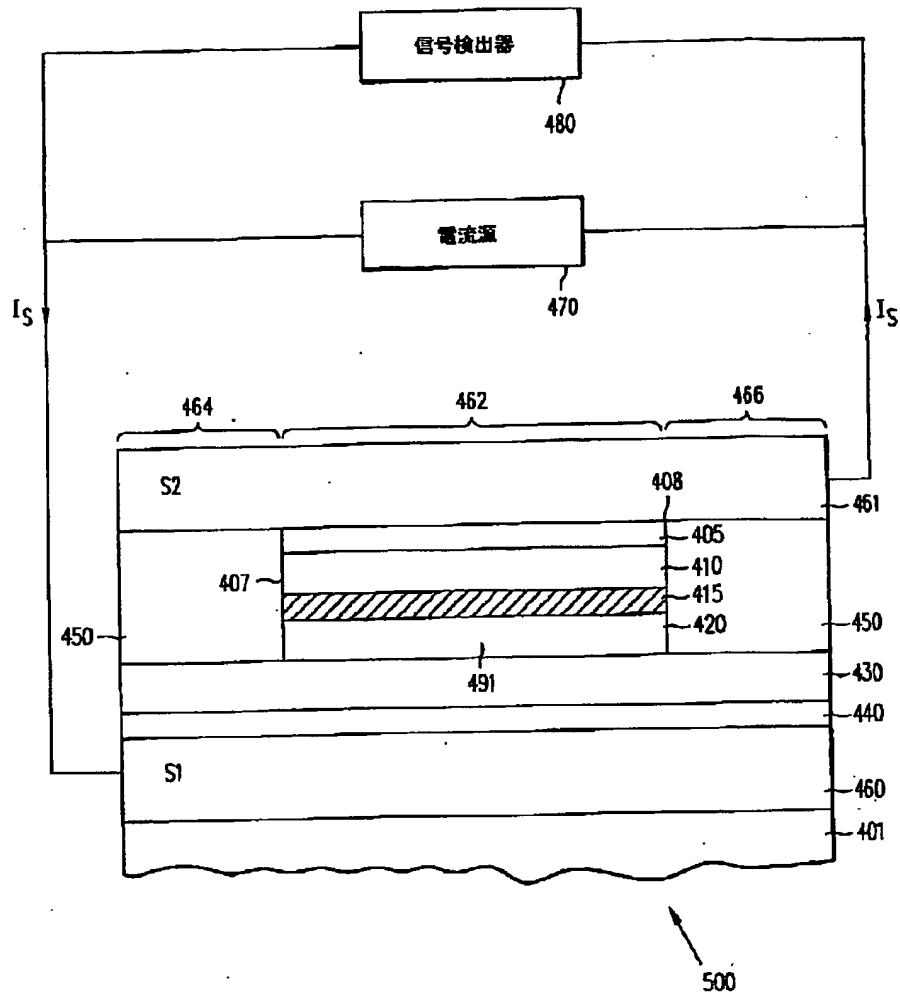
【図2】



【図6】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 ハルダヤル・シン・ギル
 アメリカ合衆国94028 カリフォルニア州
 ボートラ・バレー グローブ・ドライブ
 10

(72)発明者 ダグラス・ジョンソン・ワーナー
 アメリカ合衆国94539 カリフォルニア州
 フレモント フェスティヴォ・コート
 593